

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表平9-511447

(43) 公表日 平成9年(1997)11月18日

(51) Int.Cl.<sup>8</sup>

B 0 1 D 63/04

識別記号

庁内整理番号

9538-4D

P I

B 0 1 D 63/04

審査請求 有 予備審査請求 有 (全 27 頁)

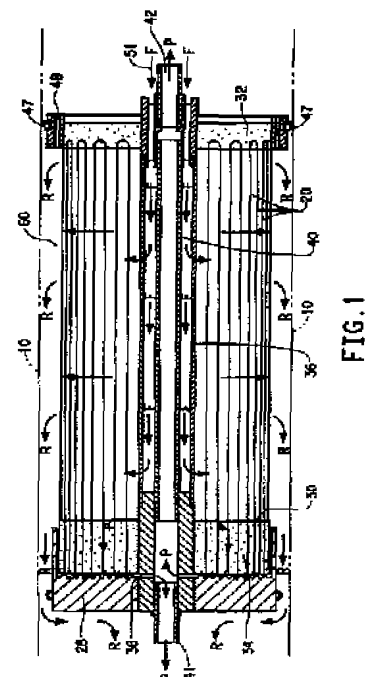
(21) 出願番号 特願平8-510213  
(86) (22) 出願日 平成7年(1995)9月11日  
(85) 翻訳文提出日 平成9年(1997)3月17日  
(86) 国際出願番号 PCT/US95/10991  
(87) 国際公開番号 WO96/08306  
(87) 国際公開日 平成8年(1996)3月21日  
(31) 優先権主張番号 08/305, 948  
(32) 優先日 1994年9月16日  
(33) 優先権主張国 米国 (US)  
(81) 指定国 EP(AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, M C, NL, PT, SE), CN, JP, KR

(71) 出願人 イー・アイ・デュポン・ドウ・ヌムール・アンド・カンパニー  
アメリカ合衆国 19898 デラウェア州  
ウィルミントン マーケット ストリート  
1007  
(72) 発明者 エックマン, トーマス, ジョン  
アメリカ合衆国 19707-9564 デラウェア州  
ホッケシン オールド ウィルミントン  
ロード 920  
(74) 代理人 弁理士 谷 義一 (外1名)

(54) 【発明の名称】 中空繊維カートリッジ

(57) 【要約】

複数の中空繊維膜を有するカートリッジが開示されている。このカートリッジは、バンドル内に配置された複数の繊維20と、管板中に組み込まれたバンドルの少なくとも一端とを具備する。管板30には、透過水用のチャンバを提供するためのエンドキャップ28が取り付けられている。供給チューブ36はバンドルを通して長手方向に延びており、透過水放出チューブ40が供給チューブ36中に同心軸で収納されている。カートリッジは、圧力容器10の内壁に対して、O-リングシールのような高圧シールを必要としない。カートリッジは、圧力容器10の中への単純なドロップイン設置のために採用された単一ユニットとして設計されている。多数のカートリッジが圧力容器10に容易に挿入されて、直列で、または平行して操作が行われるようにアレンジされている。中空繊維膜カートリッジは、高体積効率および高溶質除去率をもつ工業的性能のために採用されている。



## 【特許請求の範囲】

1. 長手方向に配列された、スライドインで交換可能な中空繊維膜カートリッジを1つ以上有する圧力容器を具備する中空繊維膜分離装置であって、

(A) 前記カートリッジが、

長手方向に前記カートリッジと並ぶ中空繊維バンドルを具備し、前記バンドルの少なくとも一端が管板に装着され、前記中空繊維が流体に対して選択的透過性を有しており；

処理される流体が放射状に中空繊維バンドルの中に、および中空繊維バンドルを通して流れることができる細長い供給部材を具備し；

前記細長い供給部材の内部に同心軸に収納された細長い放出部材を具備し；

前記バンドルの端に装着されたエンドキャップを具備し、そこでは管板の面している端部と隣接のエンドキャップとで透過水を集める空間を規定しており、その空間は(i)中空繊維の開口端および(ii)前記細長い放出部材と流体で連絡しており；

供給流体ポートを有する1以上の前記エンドキャップを具備し；

供給部材が前記エンドキャップのところにリップシールを有し；

バンドキャップがエポキシとともにバンドルの端部に装着されており、かつ

(B) カートリッジが、圧力容器の中に配置され、これにより、

各バンドルの外側と圧力容器の内壁との間に第1の空間が形成され；

圧力容器の端部であり、中心からずれている最初の開口部が形成され、それが処理されるべき流体が供給される細長い供給部材と連絡しており；

圧力コンテナの端部における同軸の第2の開口部（あるいは複数の開口部）が形成され、この開口部は、透過水が放出される中空繊維開口端と流体で連絡しており；

圧力容器の端部に3番目の開口部が形成され、この開口部は、処理される流体がそれを通して供給される前記端部の反対側にあり、また中心からずれ

ており、それを通して残留流体が放出される、

ことを特徴とする中空繊維膜分離装置。

2. カートリッジ中の前記中空繊維の内径が、約20ミクロンから約200ミクロンであり、中空率が約10%～約50%であることを特徴とする請求項1に記載の分離装置。

3. カートリッジ中の前記中空繊維の内径が約40ミクロンであり、中空率が約20%であることを特徴とする請求項2に記載の分離装置。

4. カートリッジを2～10個、縦に直列に配列したことを特徴とする請求項1に記載の分離装置。

5. カートリッジが実質的に同一の大きさと外形を有することを特徴とする請求項4に記載の分離装置。

6. 前記カートリッジが、処理されるべき前記流体を直接装置内の下流である1つ以上のカートリッジに供給するためのインプットバイパス部材を更に具備することを特徴とする請求項4に記載の分離装置。

7. 最初の開口部が、バンドルの外側と圧力容器の内壁との間の前記第1の空間および細長い供給部材と、流体で連絡しており、かつ前記第1の空間と前記細長い供給部材への供給流体の相対的フローがバルブまたはオリフィスによって調整されていることを特徴とする請求項1に記載の分離装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 中空繊維カートリッジ

発明の分野

本発明は、流体精製装置の改良に関し、特に、逆浸透または限外濾過型の装置の改良に関する。とりわけ、流体分離カートリッジに関し、流体、特に水に対して選択的透過性を有する中空繊維膜を用いた流体分離カートリッジに関する。更に詳しくは、中空繊維膜のコンパクトで、一体の(unitary)カートリッジに関するが、このカートリッジは単一の圧力容器(single pressure vessel)内に多数のカートリッジを容易に装着できるようになっており、簡単に圧力容器中に装着される。但し、圧力容器には、以前スパイラル巻き膜を用いた圧力容器も含まれる。カートリッジは、簡易装備や要求されるような定期的基準での交換のために適用され、特に、海水、かん水および廃水の精製および／または脱塩に有用である。

発明の背景

この明細書において、用語“中空繊維”とは、繊維の軸中心線に実質上沿って配置された連続通路（またはルーメン）を有する、一般的に管形状の繊維をいう。用語“膜”とは、多孔質またはマイクロポラス材料をいい、典型的には高分子材料をいう。この“膜”は、中空繊維またはフィルムの形である。

用語“スパイラル”または“スパイラル巻き”とは、膜もしくは膜分離装置をいい、ここで膜は中央支持体の周囲に密接に巻き付けられた非対象のフィルムまたは薄いフィルムの複合材料の形である。

中空繊維バンドルは、複数の中空で多孔質な繊維を具備し、殻(shell)または容器(vessel)内に配置される。中空繊維膜は、供給水と接触するための大きな全表面積を与える。

流体分離装置は、膜のバンドルを1つ以上収納する圧力容器を具備する。流体分離装置は、選択的透過性を有する膜を用いることによって流体を分離するが、気体分離(gas permeation)、透析、液体透過(liquid permeation)、ソフトニング(softening)、限外濾過、逆浸透などのような種々の技術に適用される。海水

やかん水の脱塩または精製のために、廃水から有用なあるいは有害な成分を回収するために、または水の再利用のために特に有効である逆浸透に対して、最近、特に注意が払われている。

流体分離装置は、一般に、その中で使用される半透膜の形状(shape)や形態(form)に応じて、平膜型、管状型、スパイラル型および中空繊維型に分類される。これらの中では、特に海水又はかん水の脱塩および廃水の精製のような逆浸透分離の分野に対する、中空繊維型とスパイラル型の膜が当業界で特に良く知られている。スパイラル巻き膜を組み入れる流体分離装置において、この膜は膜間に不都合に大きな空間を有するが、比較しうる中空繊維膜に対する空間より10～20倍大きい空間をしばしば有する。とりわけ、スパイラル巻き膜に用いられる圧力容器は、好ましい高供給流量、高交換率で操作されるように、また不利な濃度分極を妨げるように、非常に長くなる傾向にある。スパイラル巻き膜用の圧力容器は20フィートより長いことが知られている。それ故、膜のリジェクトサイド(reject side)および圧力容器を通して流れる流体の流路も非常に長く、それは圧力容器の全長で合理的な圧力降下となるように、膜間の大きな空間を必要とする。

中空繊維流体分離装置は、スパイラル巻き流体分離装置に関するこれらの問題の大部分を解決する。例えば、膜のリジェクトサイド上の流体用流路は比較的短く、放射状の流路は短く、かつ、バンドルを横切りそして装置の長さ方向に沿った環状部分(anulus)を流れ下るとき圧力降下は極端ではない。さらに、中空繊維膜間の空間は、特徴的には小さい(一般に、約25ミクロン対スパイラル巻き膜用25ミル)。結果として、中空繊維型装置は、装置の単位体積当たり非常に高い膜分離能力を有する。中空繊維膜は、逆浸透分離に特に適している。

逆浸透膜の使用は、3つの分れた水の流れを扱うため適した膜ハウジング(housing)および結合された配管接続(plumbing connection)を本質的に要求す

る。特に、膜ハウジングと配管接続は、精製された(透過水)および膜からのリジェクト(残留)流体のフロー(flow)と同様に、膜への供給流体の接続に適応しなければならない。過去において、スパイラル逆浸透膜は、定期的基準において

容易にカートリッジを交換するため、カートリッジ形態で提供されたが、先の逆浸透システムでは、実質上フェイルセーフ(fail-safe)でエラーフリー(error-free)の方法で、カートリッジを速く容易に設置しかつ取り外しするためのどんな最適簡易カートリッジ、特に中空繊維カートリッジも提供されていなかった。

逆浸透は、通常、流体の浸透圧より高い圧力で流体を処理することによって実施され、これによってその流体の成分が、選択透過性を有する膜を通して分離される。供給圧力は処理されるべき流体の種類や、選択透過膜などの特質によって異なるが、スパイラル巻き膜に対しては10～1000psigの範囲で、中空繊維膜に対しては40～2000psigの範囲である。

中空繊維膜型流体分離装置が従来技術において開示されており、この装置では少なくとも1対の中空繊維バンドルが容器内に搭載されている。しかし、多数の中空繊維バンドル、特に2以上のバンドルを収納する流体分離装置は実際には周知でない。これらの装置は複雑なハードウェアを必要とし、処理されるべき流体は典型的には連続しているバンドルによって分離され、それによって装置の体積効率を不都合に減少させる。ハードウェアは典型的に中空繊維膜のバンドルの各端で少なくとも2つのOリングを具備する。このOリングは、バンドルの外側と圧力容器の内面との間にシールを形成する。Oリングは圧力容器内の適所にバンドルを保持するのに、また装置の操作中お互いに種々の流体フローをシールするのに役立つ。Oリングシールおよび複雑なハードウェアは、圧力容器の中に中空繊維バンドルを取り付けたり取り替えたりすることを困難にしている。

中空繊維膜の故障(failure)は、バンドルの敏速な交換を必要とすることが知られている。例えば、繊維はもろくて、流体分離装置の移動、取扱い、組立や操作中に容易に傷つく。すなわち、繊維が破けたり、障害(fault)が起きたならすぐに、中空繊維のバンドルを交換する必要がある。とりわけ、損傷した繊維の修復は経済的ではない。それ故、中空繊維バンドルは圧力容器内で容易に取り付けられたり交換できると非常に都合がよい。しかしながら、上述の如く、典型的な中空繊維バンドルは、高圧供給流体から低圧浸透水をシールするために、容器の

内径でOリングを用いる。これはバンドルの各端部での一連のOリングによって達成される。次いで、このOリング／バンドルの組立品(assembly)を、かなりの機械的な力で圧力容器の中に挿入しなければならない。その結果として、繊維バンドルの検査および交換は困難である。

現存のデザインには他の欠点がたくさんある。例えば、多くの適用において（船上やポータブル使用のような）、膜の最大限可能な面積が、最小限可能な体積装置に含まれていなければならない、装置の単位体積当たり大きなフローを有することが好ましい。中空繊維膜のバンドルをただ1つ収納する圧力容器は、装備に費用がかかりしかも空間をしめる過剰の外部配管を必要とする。

移動または軍使用のためのコンパクトな移動可能な装置に対する需要もある。この分野での急速な使用のために、このような装置は、移動中に少なくとも部分的に組み立てられるべきものであり、組立品を完成することが容易であるべきである、という需要もある。

更に、中空繊維バンドルの大きさ(size)と寸法(dimension)の範囲を、種々の態様に利用できるようにしてあることが望ましい。処理されるべき種々の供給原料は、異なった量の不純物を含み、経済的にはほとんど不純物を含まない原料を高い透過流量(flux rate)で膜を通して処理するべきである。

細い中空繊維を含む長いカートリッジは、繊維の狭いルーメン中のフローの液圧降下のために、高速度で透過水を取り出すことができず、このため短いカートリッジが必要とされる。それとは逆に、いくつかの原料は長いカートリッジを必要とし、そこでは低い膜透過流量がルーメンの圧力降下の問題を生じない。

従来のデザインに関する別の問題は、繊維の様々な型やバッチが繊維表面積の単位当たり固有の欠陥または性能欠陥という点で、異なった質を有するということから生ずる。構築するときの欠陥というリスクもある。それ故、膜を定期的に試験または検査することが好ましいが、これは多数のバンドルを取り付けたり、圧力容器から取り外したりすることを必要とする。

バンドルの欠陥試験にも問題がある。バンドル、特にスパイラル巻きバンドルは、典型的には、バブル圧力試験手段によって、故障に対して試験される。現在

の中空繊維バンドルは、このような試験のために圧力容器の中に設置されなければならない。試験中、膜中のすべての穴(pore)が水が満たしたとき、所定の圧力、これは膜のバブルポイント(bubble point)として公知であるが、この圧力は穴中の水の表面張力に打ち勝つように、大きくされなければならない。バブル圧力試験では、空気は湿った繊維のルーメン中に押し戻される。故障した繊維は、空気を膜のバブルポイントより低圧で、繊維壁を通過させる。従来の圧力容器の不透明性は故障した中空繊維の視覚探知を許さない。この問題は更に中空繊維バンドルカートリッジに対する必要性を増大する。すなわちこの中空繊維カートリッジは圧力容器中に容易に取り付けられたり、取り外されたりすることができ、圧力容器内にそれを取り付けることなく試験される。

予め中空繊維バンドルまたはスパイラル巻き部品を収納してある圧力容器内に、容易に取り付けられてる中空繊維膜カートリッジを有することも好ましい。不幸なことに、典型的なスパイラル巻き装置では、透過流体が中央チューブから放出される。典型的な中空繊維装置では、供給流体は中央チューブから導入され、透過流体は圧力容器内の別の開口部から放出される。それ故、既存のスパイラル巻きバンドルを従来の中空繊維バンドルと取り替えるには、複雑なパイプや管継手を用いて供給流体とそれぞれのポート(port)からの透過流体のフローを逆にする必要がある。

本発明は、従来の利点を保持する中空繊維膜カートリッジを提供し、そして多数のカートリッジが容易に圧力容器内に取り付けられたり取り外されたりする。カートリッジは、予めスパイラル巻き部品を収納した圧力容器内での使用に、特に適している。この発明のカートリッジは、単純で、経済的な装置である。その流路は、透過水が中央チューブから放出されるように設計されていて、このことは以前にスパイラル巻き部品を収納した圧力容器内にこの発明のカートリッジの装着を容易にする。各カートリッジは個々の圧力エンドキャップを有する管板を装備しているが、このエンドキャップは適したポートまたは管継手に接続されていて、透過流体あるいは残留流体を、および／または外部流体と一緒にするため、他のカートリッジに配送する。カートリッジ毎に繊維の数を変えることによ



って、経済的にも、便利さの点においても、有効性についても最適となるように、これらのカートリッジを製造することができる。これらの目的は、他の目的と同様に、本発明の特徴や改良は、以下の説明から当業者に明らかになるだろう。

#### 発明の概要

本発明は、複数の中空繊維膜を含む、単純で効率のよい低コストのカートリッジである。多数のカートリッジが単一の圧力容器に容易に設置され、組み立て中、カートリッジは圧力容器内に容易に取り付けられたり、取り外される。すなわち、カートリッジは端部開口の圧力容器内への単純ドロップイン(drop-in)装着を取り入れた単一ユニットとして設計されている。カートリッジという用語は、中空繊維膜のバンドルを具備する装置を意味し、これは少なくとも1つの管板、エンドキャップおよび内部配管を有する。これらすべてについては、下記に詳述する。各カートリッジの中心には、実質上、一端から他端まで延びているフィードチューブがある。透過放出チューブが供給チューブ内に収納されており、好ましくは同心軸に収納されている。管板は、各中空繊維バンドルの少なくとも一端に、管板内に開口している中空繊維のルーメンスを備えている。各管板はそれをシールする圧力エンドキャップを有する。エンドキャップと隣接する管板は透過流体の集合のための空間を決定する。空間は、液体で内部に収納された透過放出チューブと連絡している。エンドキャップは、カートリッジ内に低圧透過流体を閉じこめるため、管板でしっかりふさがれている。エンドキャップは管継手および／またはポートを装備していて、透過流体あるいは残留流体を配給する。このような管継手および／またはポートも、カートリッジを他のカートリッジと直列または平行に、接続することを可能にする。カートリッジは、圧力容器内のカートリッジの取り付けを促進するように、バンドルの供給端でのリップシールのような、それに装着されたシールを任意に有している。1つ以上のカートリッジが単一の圧力容器内に装着されてもよい。圧力容器は容器(container)を形成するようにシールされた端板(end plate)を有する典型的な円筒である。

本発明の他の態様は、それぞれの流体分離装置が複数のバンドルを含んでいるが、多数の流体分離装置が、与えられた供給フローで変換を増加させるように容

易に直列接続されているものである。隣接している各カートリッジのために同心軸に収納された透過放出チューブを連結することによって、多数のカートリッジを縦に直列に端と端を除去可能なように配列し、次の各バンドルからの透過流体をあつめて、供給チューブ内に同心軸に収納されたチューブの中に放出する。更に、各中空繊維バンドルの環状空間は、流体で、次の連続したカートリッジの中で中央供給チューブと流体連絡していることが好ましい。任意に、数種の供給流体は例えばエンドキャップの中にオリフィスを有することによってカートリッジをバイパスしてもよく、このエンドキャップは供給流体のいくつかについて各カートリッジをバイパスさせる。仮にバンドル中での圧力降下が大きすぎるならば、そのときオリフィスは、圧力降下を規制し、バンドル内でのフロー特性と変換を最適にするように調節される。多数中空繊維バンドルが大きな圧力容器内で積み上げられる場合には、供給流体のバイパスが特に有効である。最後のカートリッジからの残留流体を最終的には集めて、通常のポートから放出する。

装置を通しての流体のフローを、典型的にいわゆる“インサイドアウト”フロー(“inside-out”flow) (“アウトサイドインフローも可能であるが”) という。供給流体は中央供給チューブを通して1つ以上のカートリッジを具備する流体分離装置の中を通過する。供給流体は供給チューブ内の分配穴(hole)または孔(perforation)から最初のカートリッジに配給される。流体が他の流体よりずっと速く透過膜を通過するように、中空繊維膜は1つ以上の流体に対して選択的である。透過水は中空繊維の内管部を流れていき、繊維バンドルの一端以上で集められ、次いで供給チューブ内に収納されているチューブの中に流れ、そこで透過水は他のバンドルからの透過水と一緒にされ、さらに、処理されまたはいずれかの端で装置から放出される。要約すれば、供給流体は一般的に同様のパターンですべてのバンドルを流れる。すなわち、供給チューブから中空繊維へ放射状に外へ流れ、選択的に中空繊維を透過する。その後、透過水は開口端

で中空繊維を出る。圧力容器内のすべてのカートリッジからの透過水は、次いで、装置の一端または両端で流体分離装置から除去される。除去される透過水の量は、中空繊維、供給温度、供給流体の組成、透過圧力差に対する供給および供給

流体の流量の関数である。

残留流体はバンドルを通して放射状に外に流れることによってすべてのバンドルから同時に抽出される。すなわち、残留流体は中空繊維膜を容易には透過しない。次いで、残留流体は中空繊維バンドルと圧力容器の間の環状空間の中に集められる。その後、残留物は上流カートリッジのバイパス供給物と一緒にしてもよい。次いで、一緒になった流れは次のカートリッジへの供給物となる。それぞれのカートリッジの周囲にある環状空間は、流体で、互いに連絡している。残留流体は、最終的には流体分離装置から放出される。

カートリッジのインサイドアウトフロー配列は、中空繊維膜の寄り添い(nesting)の可能性を減じる。供給流体が中空繊維バンドルの外側に導入されて、中心に向かって内側に流れると、中空繊維を寄り添わせる傾向となる。この効果は、透過フローの減少を伴うバンドル圧力降下の増加を結果としてもたらす。ファウリング(fouling)の可能性も、繊維がよりしっかりと共に押すにつれて増加する。

カートリッジは圧力容器内への、迅速で容易なドロップインまたはスライドイン装着に適應される。特に、以前にスパイラル巻き部品または中空繊維バンドルを収納していた圧力容器の中に、カートリッジが容易に装着される。スパイラル巻き部品または中空繊維バンドルは、例えば以下の方法を用いて取り替えられる。

1. 圧力容器の端板の一端または両端をあける。
2. スパイラル巻き部品を除去する。これはその分野で公知のいかなる方法によって達成されてもよい。実際には、スパイラル巻き部品または中空繊維バンドルを、交換カートリッジ（1つまたは複数）を他端に押し入れることによって圧力容器の一端から押し出す。従来の中空繊維バンドルは圧力容器の内壁とプレッシャータイトシール(pressure tight seal)を形成しているので、このようなバンドルの除去はささいなことではない。
3. 次いで、中空繊維膜カートリッジを1つ以上圧力容器内に挿入する。カートリッジは圧力容器内でぴったり合うように特に形成されているとよい。交互に、いわゆるスペーサー(spacer)を、カートリッジが圧力容器の長さ内で長手方向に

および／または圧力容器の内周内で円周方向にしっかり適合するように、設けられている。

4. カートリッジは適した管継手で接合されている。供給流体は中央供給チューブに連絡されている。透過水は、ポート、圧力容器の1つまたは両方の端板の中央に位置する典型的なポートから放出されるが、これは同心軸に収納された放出チューブと流体で連絡している。最後のカートリッジの2番目の端は、残留の流体ポートがカートリッジの周囲の環状空間と連絡するように設けられている。供給流体と残留流体のフローを“逆にする”ために、特別な配管や管継手を用いることは必要でない。

本発明のカートリッジは、本発明の目的を容易にする。この流体分離装置は、単一の圧力容器の中で直列または並列に並べられたカートリッジをいくつでも用いることができる。カートリッジは、多くの慣例の圧力容器の中に、容易に装着されたり除去される。圧力容器内への多数のカートリッジの組み込みに要求される配管や管継手は極小である。装置の周囲の延長配管やポーティング(porting)は最小限であり、ほとんど空間を必要とせず、高い耐久性と末端消費者に対する低設備コストをもたらす。さらに重要なことは、伝統的なスパイラル巻き透過器に対する現存の圧力容器は、本発明のカートリッジで容易に取り替えられ、それによってスパイラル巻きバンドルを中空繊維バンドルに取り替えるコストを軽減する。とりわけ、本発明のカートリッジは従来の特徴を保持する。

#### 図面の簡単な説明

本発明の中空繊維膜カートリッジを以下に添付する図面を参照して更に詳細に説明する。

図1は、圧力容器内に含まれる、一端に管板を有する単一の中空繊維カートリッジの断面図である。

図2は、圧力容器内に含まれる、バンドルの両端に管板を有する単一中空繊維カートリッジの断面図である。

図3は、圧力容器内の中に3つの中空繊維膜カートリッジが含まれる、本発明の2番目の態様の模式的断面図である。

### 発明の詳細な説明

図1は、圧力容器内の本発明の中空繊維カートリッジを示す。図中、“F”は供給流体を意味し“P”は透過流体を意味し、“R”は残留流体またはリジェクト(reject)流体を意味する。カートリッジは圧力容器の中に挿入され、好ましくはエンドキャップ（図示せず）によって封入される細長い円筒状圧力容器の中に挿入される。容器の内壁は10で指定されている。中空繊維20のバンドルの一端には管板30があるが、そこでは繊維が結合されており、エポキシ34でシールされていて、中空繊維の内管部(bore)をさらすために切りそろえバンドルを通して流体で連絡するようにしてある。管板の断面形（例えば、中空繊維膜の長手方向に対して垂直面にある外形）は、通常、一般的に円形である。断面図は、三角形、トリバル(tribal)、正方形、長方形、台形、五角形、六角形、自由型などのようないかなる他の形にでもなるということは、明らかである。管板の最大断面寸法も、実質上、異なってもよい。管板の表側は、いかなる適した外形であってもよく、一般的には実質的に管板の断面形状と同一の形状である。表側は実質的に平らであるか、曲がっているかまたは不規則な表面輪隔であってもよい。管板には中空繊維膜のバンドルが1つ以上含まれていてもよく、好ましくは1つのバンドルである。

バンドルの他端は、流体密着シール(fluid-tight seal)を形成するように、エポキシ32でシールされている。

カートリッジの中央には供給チューブ36が具備されており、これはバンドルの一端から他端まで実質上延びている。供給チューブ36は、供給流体が中空繊維膜のバンドルの中を放射状に流れるように、供給チューブの壁に穴または貫通した孔を有する。開口部の大きさ、位置および外形は、決定的ではないが、好ま

しくは、開口部はバンドルの中への供給流体の均一な放射状のフローを促進するべきである。開口部は、好ましくは、直径が0.1～2.0cmの円形の穴である。

エンドキャップ28は、管板30を持つスライドかみ合わせ(sliding engagement)で示されている。エンドキャップ28は、その分野で公知の手段（いくつ

でも) によって、隣接する管板30にしっかりシールされる。実際には、エンドキャップは管板および／またはバンドルにエポキシでシールされる。エンドキャップに適したいかなる材料から製造してもよいが、要求された外形に成形されるようなプラスチックから製造されることが好ましい。望ましい開口部およびオリフィスは、それを管板および／またはバンドルに取り付ける前または後にエンドキャップの中で切断されるか穴開けされる。管板およびエンドキャップは、示されたスライディングの代わりに、ねじ接合または他の適したいかなる接合でかみ合わせてもよい。更に、エンドキャップは、操作中比較的低圧である透過水回収空間38を限定するように、エポキシまたは適したいかなる手段によって、管板の周囲にシールされていてもよい。透過水回収空間38は、供給チューブ36の内部に収納された透過水放出チューブ40と流体で連結している。次いで、透過水放出チューブ40は、適したセクション4L42を介して、隣接するカートリッジまたは放出ポートと流体で連絡することができる。カートリッジは空間60を形成するように、圧力容器10の中に設置される。圧力容器は本発明のカートリッジの一部ではないが、操作中のカートリッジと操作中のそれぞれの流体の流れとの関係を示すために、単に図面化されている。残留またはリジェクトの流体は、空間60に集められるが、この空間は典型的な環状空間である。

透過水回収空間38は、供給流体の圧力に比べて低圧である。エンドキャップや、エンドキャップと隣接する管板および／またはバンドルとの間のシールは、カートリッジ内での圧力差に耐えるように十分に強くなければならない。例えば、供給流体の圧力は、約1200psigである。バンドルの周囲の環状空間60内の残留流体の圧力は、約1180psigである。透過水回収空間38の中の透過流体の圧力は、約20psigである。

それ故、エンドキャップ／透過水回収空間／内部に収納された透過水放出チューブの配列をもつ本発明のカートリッジは、圧力容器の内壁をシールし、低圧透過水から高圧残留物をシールする管板Oリングまたは他の同様のシールを必要をしない。

エンドキャップも環状空間、例えばバンドルの外径と内径の間、の中で適当な

空間を維持するように設計されている。図1において、エンドキャップ28はスパーサー53を有するが、これは適したいかなるデザインまたは外形であってもよい。スパーサー53はカートリッジを、好ましくは同心軸で、圧力容器内にしっかりと保持するが、残留流体を環状空間60から次のカートリッジまで流して／または流体分離装置から放出させる。

管継手41および42と同様、供給パイプ36および透過水放出チューブ40は、ナイロン、ガラス強化プラスチックポリ塩化ビニル、繊維強化エポキシ樹脂、のようなプラスチック材料、またはステンレススチール、カーボンスチール、あるいはチタンのような金属から作られる。厚さ、直径、長さのようなその寸法は、特別ではなく、望ましい機能を達成するように変更してもよい。構成の選択におけるフレキシビリティは、特別な適用のためのカートリッジ用耐食性製造材料の選択を認める。構成材料は、例えば、高温に耐えるように選択される。

代替装置において、エンドキャップ28は容易に他方にカートリッジを積み重ねることができるように形成されていてもよい。バンドルの供給端でのエンドキャップは、カートリッジ間に流体連絡を限定することができる、オリフィス48またはフローコントロールバルブを組込んでもよい。カートリッジが連続で操作されると、このようなオリフィスまたはバルブは1つのカートリッジからの流れを限定するために用いられてもよく、それ故、隣接カートリッジの繊維内管部にフローをバイパスするために用いられてもよい。これはマルチバンドル透過装置組み立て体の個々の繊維バンドルを通るフローのトリミング(trimming)を可能にするので、組み立て体中の各バンドルカートリッジの純度は他のカートリッジと均衡がとれる。

支持ブロックは管板の表側に任意に隣接して設けられていてもよい。シール

47は、お互いに水流を分離することによって、透過水の異なるコンパートメント間での漏れを防ぐ。Oリングがカートリッジを圧力容器内に挿入するのを極端に困難にするため、Oリングのようなシールは好ましくない。カートリッジを圧力容器に挿入する場合には、シールは、上流の流体圧力を利用して壁にシールさせる、いわゆるリップシールであることが好ましい。このようにすると、圧

力が軽減されるなら、シールは容器の壁に緩やかに接触し、カートリッジは容易に除去される。高压供給流体がもれて残留物と混合しないように、シール47は環状のチャンバ60をシールするのに役立つ。バンドルが、異なった操作状況で、拡張し収縮し、あるいはわずかにずれたりするとき、シール47はシールを維持しながら、軸方向にスライドすることができる。リップシールは、圧力容器内にカートリッジを単純にスライドイン挿入させる。本発明においては、リップシールをカートリッジの供給端で使用する。

リップシールは、一般に、スパイラル巻き部品についての使用で公知であるが、第1にはスパイラル巻き部品中の流体の圧力差は比較的小さいからである。リップシールは、50psigの圧力差まで典型的に耐えるが、これは多くのスパイラル巻き部品にとっては満足のいくものであり、多くの中空繊維カートリッジにとっては満足のいくものではない。この発明の中空繊維カートリッジの形状は、大きな圧力差に耐えなければならないシールを必要としていない。

本実施態様では、透過水放出チューブ40は供給チューブと同心軸で収納されているが、放出チューブ40の大きさ、外形および位置はそれらが透過流体のフローを調節することができる限り重要ではない。この組立体は、1番目のカートリッジの透過水放出チューブと2番目のカートリッジの供給チューブとの間の流体伝達を効果的にするように、別のカートリッジの面しているエンド間に単純にセクション41を挿入することによって、多数のカートリッジの簡単な組立をもたらす。

ポート51は供給流体用の外部流体伝達のための手段を提供する。セクション41と42は、透過水や生成流体用のための外部流体連絡を提供する。セクション41と42は、除去可能であることが好ましく、その中にカートリッジが挿入される特定の圧力容器に適した大きさ、形および配列の代替管継手で容易に置き換えられる。

カートリッジは任意にチャネルもしくはオリフィス48またはフローコントロールを有し、これは、空間60への供給流体のバイパス、特に制御されたバイパスを認める。いくつかの供給流体と残留流体間の流体連絡を認めるように、オリ



フィス48は、エンドキャップまたは他の便利な場所に位置していてもよい。例えば、図2に示すように、オリフィスまたはチャネル48Aは、供給流体とエンドキャップの外側の残留流体との間の流体伝達を認めるように、エンドキャップを介して延びてもよい。多数のカートリッジが連続して操作される場合には、いくつかの供給流体のバイパスは特に有用である。供給流体のバイパスは、供給流体と残留流体との間の過剰圧力差を予防するが、これはマルチカートリッジシステムでの最初の数個のカートリッジに特に関係する。従って、供給流体をバイパスするためにオリフィスを使用することは、リップシールの使用を促進する。とりわけ、供給流体のバイパスは、フロー特性の最適化と連続カートリッジの変換を促進する。

図1に示される本発明の態様は、海水、かん水または廃水の精製に特に適している。流体分離装置を通る個々の流体のフローは、以下に示すように、海水の精製を説明することによって、すぐに証明することができる。すなわち、さらに図1を参照すると、海水を中央供給チューブ36内のポート51に供給する。但し、ここでは海水は中空繊維バンドルの膜20に供給チューブ内の開口部から同時に放射状に分配される。中空繊維膜は、流体が他の流体より迅速に透過膜を通過するように、1つ以上の流体に対して選択的である。この場合、中空繊維膜は純水に対して選択的に透過する。生成水、透過水は、各中空繊維の中心を流れて、透過水回収空間38内の中空繊維バンドル端の管板30に集められるが、この空間はエンドプレート28と管板30の表側によって限定される。要約すれば、供給流体は一般に同一のパターンで中空繊維膜のバンドル前部を流れる。例えば、供給チューブから中空繊維の中に放射状に流れ、そして選択的に中空繊維を透過する。次いで、透過水は、両方の端板に隣接する開口端で中空繊維を出る。その後、透過水は中空繊維の隣接するバンドルに供給される。除去された透過水の量および純度は中空繊維の特性、供給温度、供給流体の組成、透過圧差に対する供給、および供給流体の流量の関数である。

残留塩水は、中空繊維膜のバンドルを流れて放射状に外側へ流れる。次いで、残留塩水は圧力容器10の壁に隣接する環状空間60の中に集められ、その後、

バンドルの管板端およびそれが集められるエンドキャップの周囲に縦に流れる。残留流体は第1番目のカートリッジからのバイパスと結合された後、次のカートリッジに供給されたり、圧力容器から放出されたりする。

本発明は、カートリッジがいわゆる“アウトサイドインフロー”にも用いられるが、処理されるべき流体のインサイドアウトフローを促進する。“インサイドアウト”フローは特定の利点を有する。特に、流体分離は、通常、高圧で、10～2000psigの範囲で操作される。流体が高圧でバンドル内側のアウトサイドから流れる場合、繊維は一緒に寄り添う傾向にあり、これによってバンドルを通して放射状に不均一な供給流体のフローが、また透過水フロー中の減少に伴うバンドルを介しての放射状圧力降下の増加が生じることになる。増加する圧力降下に加えて、供給流体は各中空繊維の外表面に均一にアクセスすることができず、それによってバンドルの総合効力を減少させ、ファウリングの可能性を増加させると、信じられている。処理されるべき流体のインサイドアウトフローは、繊維の寄り添いの可能性を相当に減少させる。

図2は、いわゆる両端バンドルをもつカートリッジの断面図であるが、これは中空繊維バンドルの両端に管板を有する。

この態様は、管板30と31を中空繊維20のバンドルの両端に具備するが、ここでこの繊維は連結されるかエポキシ34でシールされており、かつ中空繊維の内管部をさらすために切りそろえ、バンドルを通して流体で連絡するようにしてある。

カートリッジの中心には、バンドルの一端から他端へ実質的に延長された供給チューブ36を具備する。供給チューブ36は、中空繊維膜のバンドルの中に供給流体が放射状に流れ込むように、供給チューブの壁に穴または孔を有する。

エンドキャップ28と29を、管板とのスライドかみ合わせで示されている。実際には、エンドキャップは管板および／またはバンドルにエポキシでシールされていてもよい。低圧透過水回収空間38および39を限定するように、エンド

キャップはエポキシまたは適した手段によって管板の周囲にシールされていてもよい。透過水回収空間38と39は、供給チューブ36の内部に収納されている

透過水放出チューブ40と流体で連結されている。次いで、透過水放出チューブ40は適したセクション41と42を介して隣接するカートリッジまたは放出ポートと流体で連絡される。カートリッジは、空間60を形成するように、圧力容器（図示せず）の中に配置される。残留またはリジェクト流体は、空間60の中に集められるが、この空間は環状空間であることを特徴とする。

ポート51は、供給流体用の外部流体連絡の手段を提供する。セクション41と42は、透過水または生成流体用の外部流体伝達の手段を提供する。

図3に示すように、流体分離装置は本発明のカートリッジを複数保持するように適用されてもよい。流体分離装置に具備される中空繊維カートリッジの数は、圧力容器の大きさ、装置内の流体フロー総圧力損、および組み立て体内の高速流での中空繊維の実施を考慮した後で、変化させてもよい。中空繊維カートリッジの数は、通常、2〜10の範囲であり、好ましくは2〜4である。

図3は、3つの中空繊維カートリッジが用いられる流体分離装置を示している。流体分離装置は、1つの圧力容器の中に3つの中空繊維バンドルを有する。この流体分離装置は、単一の圧力容器62の中に、60、60'、60"で示される3つの中空繊維カートリッジを有する。カートリッジは同一でも異なってもよい。処理されるべき流体を、中央供給チューブ66と流体で連絡されているキャビティ65の中に、ポート64から供給する。供給流体を、供給チューブ66の開口から第一番目の中空繊維バンドル60に分配する。中空繊維膜を透過する流体は透過放出チューブ70と流体で連絡されている68のように設計された空間の中に集められる。残留流体は中空繊維膜を容易には透過せず、各中空繊維バンドルと圧力容器62との間の環状空間80、80'、80"の中を流れる。残留または廃棄流体は、隣接するカートリッジの面しているエンドキャップ間にある空間85と流体で連絡して環状空間80の中に集められる。次いで、残留物は第2番目のカートリッジ60'に流れていき、ここで供給流体になる。透過流体は、第2番目と3番目のカートリッジ60'、60"を通過して同じ道を行き、ポート81を介して圧力容器から放出される。その後、すべてのカートリッジからの残留流体は、ポート82を通過して圧力容器から放出される。カー

トリッジは任意にオリフィスを具備し、好ましくはエンドキャップの中に具備し、このオリフィスは各個々のバンドル用の供給流体とバンドル用の残留流体の間の流体連絡を認める。オリフィスは、図3に87および87'として示されている。供給流体のバイパスは、個々のカートリッジ用の供給流体中の残留濃度のバランスを促進する。実際には、多数のカートリッジを部分的に平行に、かつ部分的に直列に操作する。

装置の組立に対して、まず繊維カートリッジを個々に組み立て、次いでカートリッジを次から次へと挿入してもよい。各カートリッジが圧力容器の中に挿入される時、それは適した配管によって次のカートリッジに接続される。1つおきに、各バンドルを適した配管によってまずお互いに接続する。すべてのカートリッジを組み立て連結するとき、圧力容器ケーシング(casing)の遠端で、管継手41はポート81と連結されている。管継手41および/または42の長さや配列は、カートリッジが圧力容器ハウジング内で確実に適合していることを保証するように接合される。繊維バンドルの交換または修理(servicing)のため、繊維バンドルを組み立て操作の逆を繰り返すことによって除去することができる。

圧力容器内のスパイラル巻きバンドルを交換するために、カートリッジが容易に用いられる。操作において、スパイラル巻きバンドルは、処理されるべき流体の平行プラグフロー(plug flow)を特徴的に行う。特に、処理されるべき流体は圧力容器に入る。供給流体は各カートリッジのブラインチャネルを通して、バンドルを介して平行に流れる。スパイラル巻き膜が膜を透過する1つ以上の流体について選択的であり、平膜の両側間の生成チャネルの中に集められる。透過水はスパイラル状に内側を流れて、中央生成チューブに連絡する。残留流体はスパイラル巻き膜を通して透過せず、広いリジェクトチャネルを通して流れ、透過器の反対側端から外に出る。

上述のように、中空繊維膜は多くの用途に対して、スパイラル巻き膜よりも多くの利点を達成する。スパイラル巻き部品または既存の中空繊維バンドルを、以下のように、中空繊維カートリッジで交換することができる。すなわち、

1. 圧力容器の端板の一端または両端をあける。

2. スパイラル巻き部品を除去する。これはその分野で公知のいかなる方法によって達成されてもよい。実際には、スパイラル巻き部品または中空繊維バンドルを、交換カートリッジ（1つまたは複数）を他端に押し入れることによって圧力容器の一端から押し出す。従来の中空繊維バンドルは圧力容器の内壁とプレッシャータイトシール(pressure-tight seal)を形成しているのもので、このようなバンドルの除去はささいなことではない。圧力容器の外に中空繊維バンドルを押し出すためにハイドロリック装置を用いることがしばしば必要である。

3. 次に、中空繊維膜カートリッジを1つ以上、圧力容器に挿入する。カートリッジは圧力容器内でぴったり合うように特に形成されているとよい。交互に、いわゆるスパーサーを、カートリッジが圧力容器の長さ内で長手方向におよび／または圧力容器の内周内で円周方向にしっかり適合するように、設けられる。

4. カートリッジは適した管継手で接合されている。供給流体は中央供給チューブに連絡されている。透過水はポート、圧力容器の1つまたは両方の端板の中央に位置する典型的なポートから放出されるが、これは同心軸に収納された放出チューブと流体で連絡している。圧力容器のリジェクトポートは、最後のカートリッジ周辺の環状空間と連絡している。

中空繊維膜はいかなる都合のよい形状、例えば、断面で、円形、六角形、トリロバルなどの形をしていてもよく、中空繊維膜の壁から内部に向かって、または外部に向かって延長している山、溝などを有していてもよい。中空繊維膜は流体分離に有効であり、例えば、選択分離を行うコーティング用支持体として、または分離に影響を及ぼす媒体として、役に立つ。本発明に用いられる中空繊維には、内径が約20ミクロンから約200ミクロンの、好ましくは40ミクロンであり、かつ中空率（繊維の内管部の断面積を繊維の全断面積で割ったもの）が約

10%～約50%、好ましくは約20%の繊維全部が含まれる。繊維の寸法と中空率は、圧力容器の寸法と同様、部分的に操作圧力に依存する。一般的に、高い操作圧力に対しては、中空繊維は、厚壁を有していて、結果的に低い中空比になる。膜は、セルロース、セルロースエステル、セルロースエーテル、ポリアミド、シリコン樹脂、ポリエステル樹脂、不飽和ポリエステル樹脂など、のような種

々のポリマー、またはセラミックから製造される。

管板を形成するためのポッティング材料には、適した材料のいくつかが含まれる。好ましくは、ポッティング材料は、管板を調製する際液体形状であり、その後、例えば、冷却、硬化などによって、固体になることができる。固体化ポッティング材料は、管板を提供するために十分な構造的強さを示すものであるべきであり、流体分離操作中露出する部分に対して比較的不活性な部分であるべきである。ポッティング材料は、有機物、好ましくはエポキシ、または無機物、あるいは無機材料を含む有機物であってもよく、ポッティング材料は天然物または合成物であってもよい。典型的な無機材料にはガラス、セラミック、サーマット、金属などが含まれる。

本発明に用いられる圧力容器は、内径5 cm～50 cmの、好ましくは25 cmの円筒状容器が好ましいが、圧力容器の形は限定される必要はない。圧力容器の壁の厚さは、特定の操作条件によって、特に操作圧力で安全に操作されるための条件によって、適用されなければならない。

堅固な構成のカートリッジは、ラフな地形の上にそれらを輸送させることができ、ヘリコプターによって困難な建設地に配送することができる。必要とされるパイプワーク(pipework)は圧力容器の各端のみである。カートリッジは、軽重量であり、多くの形状、寸法および外形を与える。異なったり、種々の寸法のカートリッジは、容易に交換できる。このような異なった供給原料特性に対するカートリッジの調節または異なった圧力容器に適応させることが可能である。カートリッジがシール手段、特に単純なリップシールを有するので、カートリッジの圧力容器への挿入は容易になる。

多数のカートリッジが単一の圧力容器に取り付けられると、好都合である。とりわけ、1つの基準カートリッジサイズが単純な組み立てで他のカートリッジを

接合することができ、どんな大きさの流体分離装置をも提供することができる。単一の圧力容器のみがカートリッジの各組み立て体に必要であるので、組み立てコスト、多数の圧力容器に伴うコスト、外部パイプのコストおよび多数の流体分離装置を維持するためのラックのコストを減少でき、最終的には透過の体積当た

りのコスト減少となる。形つくられたエンドキャップをもつカートリッジを用いた組立体において、配管はさらに組み立て体中のカートリッジの数に対して単純化される。

本発明のカートリッジもリークに対して、好都合に試験される。カートリッジは、圧力容器内に挿入されずにリークを試験される。特に、バブル圧力試験がカートリッジについて行われ、ここで透過放出チューブは空気で満たされており、端はふさがれている。次いで、中空繊維は水中に浸され、中空繊維の内管部は僅かな空気圧に晒される。故障繊維は、空気を膜のバブルポイントより低圧で繊維壁を通過させる。カートリッジは水中で空気の泡が現れるかどうか確認するように観察される。管板または中空繊維から漏れるか否かを見分けるために、空気泡の位置から、認めることも可能である。定期的なバブル試験のため、カートリッジも圧力容器から容易に除去される。

本発明の流体分離装置は、海水の脱塩、かん水の脱塩、様々な廃水の精製、超純水の調製、電着塗装における廃水からのペイントの回収のような限外濾過、キシレン混合物からのパラキシレンの分離のような液体透過、ヘリウムの回収や水素の精製のようなガス透過など、に適用される。どんな場合でも、本発明の装置を用いることによって、大きなスケールの処理を効率よく実行することは可能である。

【図1】

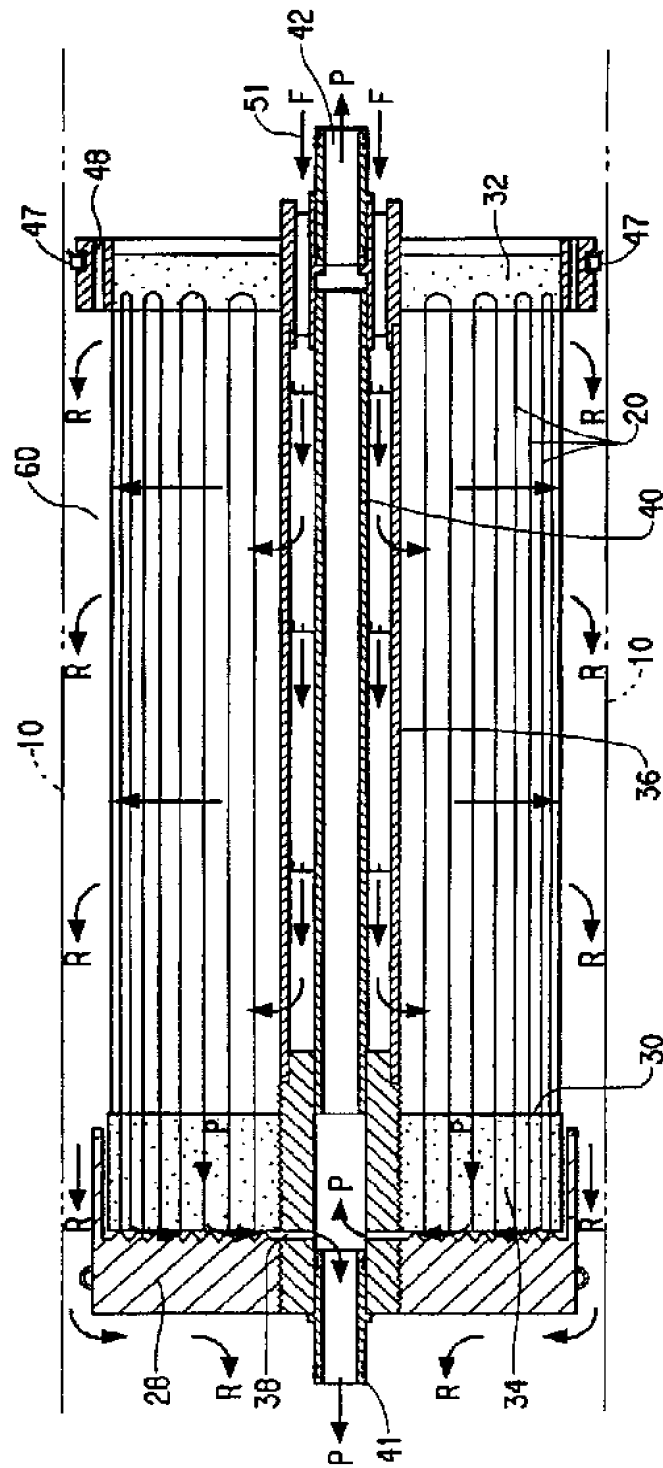


FIG.1



【図2】

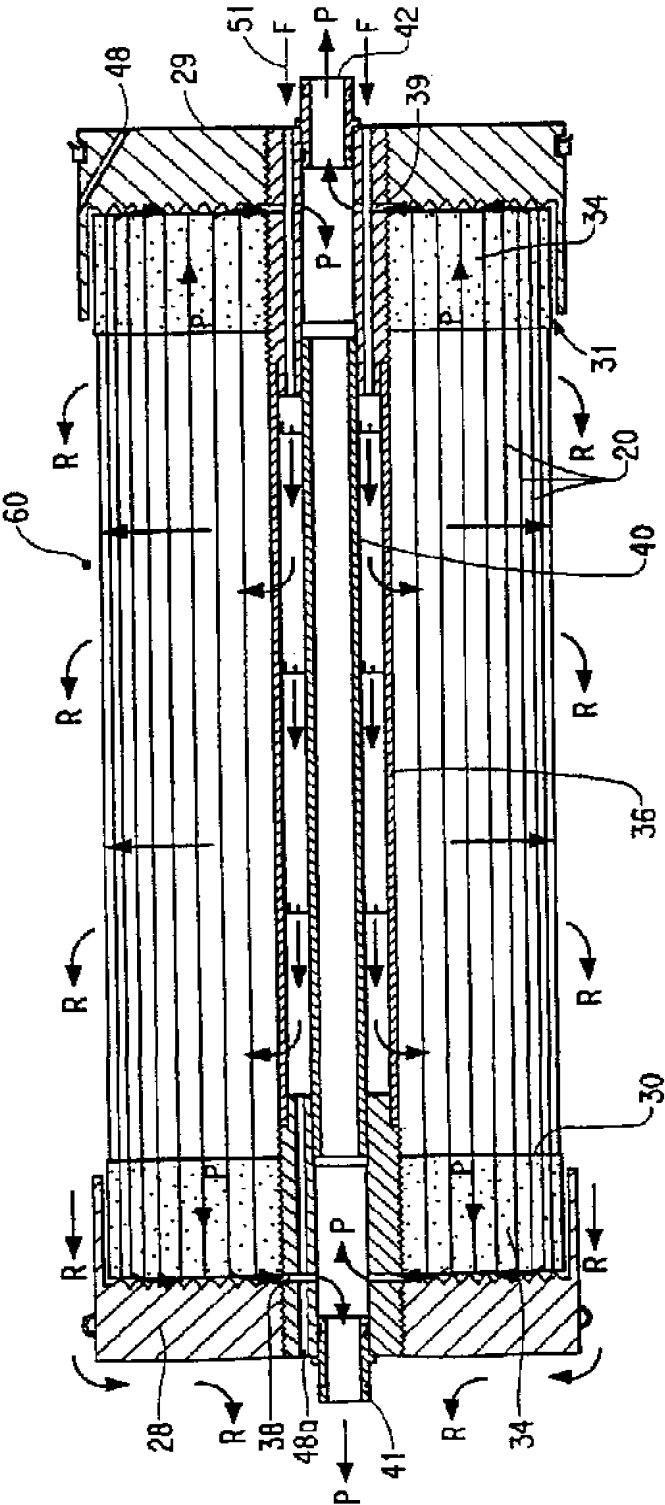


FIG.2

【図3】

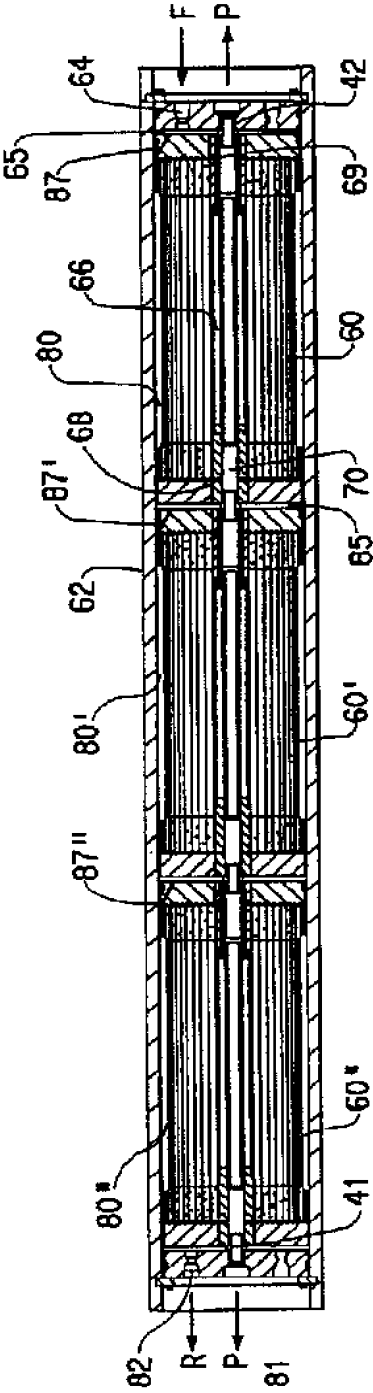


FIG. 3

【國際調查報告】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/US95/10991

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC(8) : B01D 63/02

US CL : 210/321.8, 321.89; 96/8

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

U.S. : 210/321.79, 321.8, 321.88, 321.89; 96/8, 9, 10

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

NONE

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

NONE

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US, A, 5,160,042 (BIKSON ET AL.) 03. November 1992, see Abstract.	1
A	US, A, 5,071,552 (BIKSON ET AL.) 10 December 1991, see Abstract.	1, 4-5

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"B" another document published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubt on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of specific claim or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later documents published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle of theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"Z" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

06 NOVEMBER 1995

Date of mailing of the international search report

20 DEC 1995

Name and mailing address of the ISA/US  
Commissioner of Patents and Trademarks  
Box PCT  
Washington, D.C. 20231

Facsimile No. (703) 305-3220

Authorized officer

WANDA L. WALKER

Telephone No. (703) 308-0457

Form PCT/ISA/210 (second sheet)(July 1992)\*